昆虫学报 *Acta Entomologica Sinica*, August 2010, 53(8): 926 – 931 ISSN 0454-6296

温度对马铃薯甲虫生长发育的影响

周昭旭[1]，罗进仓[1,*]，吕和平[1]，郭文超[2]

（1. 甘肃省农业科学院植物保护研究所，兰州 730070；2. 新疆农业科学院植物保护研究所，乌鲁木齐 830000）

摘要：为了进一步明确温度对马铃薯甲虫 *Leptinotarsa decemlineata* (Say)生长发育的影响，在恒温条件，研究了温度对马铃薯甲虫实验种群生长发育的影响。结果表明：温度对马铃薯甲虫各虫态的发育历期、存活率及种群的繁殖力有显著的影响。发育历期随温度的升高而缩短，发育速率与温度呈显著的正相关。马铃薯甲虫世代存活率由大到小的顺序为 27℃ > 23℃ > 19℃ > 31℃ > 15℃。27℃时成虫的产卵量最高，单雌平均卵量为 729.7 粒；其次为 23℃，单雌平均卵量为 639.2 粒。并测得马铃薯甲虫卵、1 龄幼虫、2 龄幼虫、3 龄幼虫、4 龄幼虫、幼虫期、蛹期及全世代的发育起点温度分别为 9.14，10.50，8.17，10.28，9.04，9.59，10.23 和 10.90℃，有效积温分别为 73.26，43.22，39.23，34.05，161.97，273.02，100.38 和 542.58 日·度。据此认为温度对马铃薯甲虫实验种群的生长发育、存活和繁殖影响明显。

关键词：马铃薯甲虫；发育历期；存活率；繁殖力；发育起点温度

中图分类号：Q968 **文献标识码**：A **文章编号**：0454-6296(2010)08-0926-06

Influence of temperature on development and reproduction of experimental populations of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae)

ZHOU Zhao-Xu[1], LUO Jin-Cang[1,*], LÜ He-Ping[1], GUO Wen-Chao[2] (1. Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China; 2. Institute of Plant Protection, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830000, China)

Abstract: To research the influence of temperature on the development and reproduction of experimental populations of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), and then provide some basic data for the control and prediction of pest, the development and reproduction of every stage of *Leptinotarsa decemlineata* (Say) were observed at five temperatures (15℃, 19℃, 23℃, 27℃ and 31℃) in the laboratory. The developmental threshold temperature and effective accumulated temperature of different stages of the Colorado potato beetle were calculated. The results showed that the developmental rate of the Colorado potato beetle increased with the rise of temperature from 15℃ to 31℃. The generation survival rate of the Colorado potato beetle decreased in the order of 27℃ > 23℃ > 19℃ > 31℃ > 15℃, suggesting that excessively high or low temperature was unfavorable to the survival. The developmental threshold temperatures required for egg stage, 1st instar, 2nd instar, 3rd instar, 4th instar, whole larval stage, pupal stage and egg-adult period were 9.14, 10.50, 8.17, 10.28, 9.04, 9.59, 10.23 and 10.90℃, while the effective accumulated temperatures were 73.26, 43.22, 39.23, 34.05, 161.97, 273.02, 100.38 and 542.58 degree-days, respectively. It is so concluded that the influence of temperature on the developmental duration, survival rate and reproduction of experimental populations of the Colorado potato beetle was remarkable.

Key words: *Leptinotarsa decemlineata*; developmental duration; survival rate; reproduction; developmental threshold temperature

基金项目：公益性行业(农业)科研专项(200803024)

作者简介：周昭旭，男，1977 年生，助理研究员，从事农业昆虫与害虫防治，E-mail：xiaozhou_771124@163.com

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: jincang1964@sohu.com

收稿日期 Received: 2010-03-06；接受日期 Accepted: 2010-05-19

马铃薯甲虫 *Leptinotarsa decemlineata*（Say）是国际上公认的毁灭性检疫害虫，主要危害马铃薯等茄科植物。1811 年 Thomas Nuttall 和 1819 – 1820 年 Thomas Say 先后在美国爱荷华州内布拉斯加州边界的刺萼龙葵 *Solanum rostratum* Dunal 上采集到该虫，并于 1855 年有学者首次报道了其对美国科罗拉多州马铃薯的危害（Casagrande，1985，1987；Hare，1990）。由于马铃薯甲虫成虫具有迁飞能力强、繁殖力率高以及兼性滞育等近乎完美的生存对策和生物学特性，加之人为因素的影响，导致其迅速由美国传播到北美、欧洲和亚洲的许多国家，分布范围扩大百倍（Hare，1980，1990；Mailloux and Bostanian，1989）。马铃薯甲虫于 1993 年在我国新疆首次发现以来（王俊等，2008），国内有学者先后对其生物学（李红等，2007）、药剂防治（赵红山等，2007）、抗药性（王志田等，2010）及适生性（钱天荣等，1995；程义美等，2005）等进行了研究报道。

温度是影响昆虫生长发育的一个重要因素。有关温度对马铃薯甲虫生长发育和繁殖的影响，国外学者已进行了一些有益的探讨（Walgenbach and Wyman，1984；Ferro *et al.*，1985；Logan *et al.*，1985；Groden and Casagrande，1986；Tauber *et al.*，1988），而在我国仅洪波等（2009）研究报道了马铃薯甲虫发育与温度的关系。为了进一步明确温度对马铃薯甲虫生长发育的影响，我们在恒温条件下研究了温度对马铃薯甲虫发育历期、存活率及繁殖力的影响，以期为该虫的发生期预报及适生性分析提供依据。

1　材料与方法

1.1　供试虫源和饲料

在新疆伊犁地区采集越冬代成虫，带回室内饲养供实验所用；寄主为马铃薯，品种为紫花白，寄主田全生育期不进行化学防治。本实验于 2009 年在新疆农业科学院实验场植物保护研究所天敌繁育中心进行。

1.2　实验仪器

实验所用人工气候箱为广东韶关科力实验仪器有限公司生产的 PYX-250Q-A 多段可编程智能人工气候箱，温度波动范围 ±0.5℃，光照周期 16L∶8D，由 12 支 12 W 日光灯照明。

1.3　试验方法

试验温度设 15℃，19℃，23℃，27℃和 31℃5 个温度梯度。先随机选取健康、活泼的雌雄成虫配对并置于放有新鲜马铃薯叶片的培养皿中饲养，待其产卵后将卵移至 90 mm 的培养皿中并放置在不同温度条件下的人工气候箱中进行饲养；卵孵化后挑取单头幼虫，置于培养皿中用新鲜的马铃薯叶片进行饲养，每天 8:00 – 10:00 定时观察一次蜕皮情况，记录各虫态的发育历期；成虫羽化后，雌雄配对，用马铃薯叶片饲养，并观察其产卵前期、产卵量和产卵期，同时观察记录卵期和卵的孵化等情况。为防止马铃薯叶片脱水，叶柄用脱脂棉包裹用以保湿；一旦叶片有所卷曲立即更换新鲜叶片。每处理饲养观察的虫数为 103 ~ 180 头。

1.4　数据统计与分析

发育起点温度 C 和有效积温 K 的测定采用“最小二乘法”（张孝羲，2002）。首先将不同温度下各虫态（龄）和整个世代的发育历期进行加权平均，求得各虫态（龄）的平均历期 D，将其换算成相应温度下的平均发育速率 $V(V=1/D)$，然后按照下列公式计算出马铃薯甲虫各虫态的发育起点温度 C 和有效积温 K 及其标准差：

$$C = \frac{\sum V^2 \sum T - \sum V \sum VT}{n \sum V^2 - (\sum V)^2}$$

$$K = \frac{n \sum VT - \sum V \sum T}{n \sum V^2 - (\sum V)^2}$$

$$S_k = \sqrt{\frac{\sum (T - T')^2}{(n-2) \sum (V - \bar{V})^2}}$$

$$S_c = \sqrt{\frac{\sum (T - T')^2}{(n-2)}\left[\frac{1}{n} + \frac{\bar{V}^2}{\sum (V - \bar{V})^2}\right]}$$

其中：T = 试验温度，V = 发育速率（历期的倒数），$\bar{V}$ = 平均发育速率，T' = 理论温度，C = 发育起点温度，K = 有效积温常数，n = 数据组数，S_K 和 S_C 分别为 K 和 C 的标准差。

所有试验数据的统计分析均采用唐启义和冯明光（2002）的 DPS 统计软件进行。

2　结果与分析

2.1　温度对马铃薯甲虫各虫态生长发育历期的影响

试验结果表明（表 1）：马铃薯甲虫在 15 ~ 31℃的温度范围内均能完成发育，但其发育历期随温度

的升高而缩短，如卵的发育历期由15℃的13.4 d缩短至31℃的3.51 d；幼虫的发育历期由15℃时的42.52 d缩短至31℃的12.10 d；蛹的发育历期由15℃时的16.30 d缩短至31℃的5.15 d。但本次实验中，15℃条件下饲养的马铃薯甲虫成虫不能产卵。

表1 不同温度条件下马铃薯甲虫的发育历期(d)

Table 1 Developmental duration (d) of *Leptinotarsa decemlineata* at different temperatures

发育阶段 Developmental stage	15℃	19℃	23℃	27℃	31℃
卵期 Egg	13.40 ± 0.49 a	7.62 ± 0.44 b	4.72 ± 0.23 c	4.10 ± 0.19 d	3.51 ± 0.19 e
1龄期 1st instar	6.99 ± 1.18 a	5.31 ± 0.61 b	3.86 ± 0.66 c	2.83 ± 0.62 d	1.99 ± 0.35 e
2龄期 2nd instar	5.32 ± 1.05 a	3.76 ± 0.97 b	2.61 ± 0.68 c	2.19 ± 0.67 c	1.67 ± 0.47 d
3龄期 3rd instar	6.82 ± 0.78 a	3.95 ± 0.75 b	2.75 ± 0.65 c	2.05 ± 0.60 d	1.62 ± 0.74 e
4龄期 4th instar	23.39 ± 0.80 a	16.15 ± 0.77 b	11.98 ± 0.98 c	10.00 ± 0.78 d	7.00 ± 0.54 e
幼虫期 Larva	42.52 ± 1.08 a	29.14 ± 1.23 b	21.16 ± 0.89 c	17.27 ± 0.74 d	12.10 ± 0.68 e
蛹期 Pupa	16.30 ± 1.01 a	14.09 ± 0.98 b	7.86 ± 0.51 c	5.48 ± 0.53 d	5.15 ± 0.40 e
未成熟期 Immature stage	72.22 ± 0.22 a	50.86 ± 0.34 b	33.74 ± 0.24 c	26.86 ± 0.23 d	20.77 ± 0.18 e
全世代 Generation	–	66.54 ± 0.37 a	45.80 ± 0.21 b	32.90 ± 1.47 c	27.27 ± 0.58 d

表中数据为平均值±标准差，同行数据后标有不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$，邓肯氏新复极差测验)。表4同。Data are mean ± *SD*, and those in the same row followed by different small letters are significantly different ($P < 0.05$, Duncan's multiple range test). The same for Table 4.

2.2 马铃薯甲虫的发育起点温度和有效积温

马铃薯甲虫各虫态发育起点温度和有效积温的测定结果如表2。卵、幼虫、蛹及全世代的发育起点温度分别为9.14℃，9.59℃，10.23℃和10.90℃，有效积温分别为73.26，273.02和100.38和542.58日·度。

表2 马铃薯甲虫各发育阶段发育起点温度和有效积温

Table 2 Developmental threshold temperature and effective accumulated temperature (EAT) in every stage of *Leptinotarsa decemlineata*

发育阶段 Developmental stage	发育起点温度(℃) Developmental threshold temperature	有效积温(日·度) EAT (degree-day)	回归方程 Regressive equation	相关系数 r Correlation coefficient	P
卵期 Egg	9.14 ± 1.38	73.26 ± 6.79	$T = 9.14 + 73.26V$	0.9874	<0.01
幼虫期 Larva					
1龄 1st instar	10.50 ± 1.75	43.22 ± 5.54	$T = 10.50 + 43.22V$	0.9762	<0.01
2龄 2nd instar	8.17 ± 0.94	39.23 ± 2.33	$T = 8.17 + 39.23V$	0.9947	<0.01
3龄 3rd instar	10.28 ± 0.33	34.05 ± 0.80	$T = 10.28 + 34.05V$	0.9992	<0.01
4龄 4th instar	9.04 ± 1.66	161.97 ± 17.85	$T = 9.04 + 161.97V$	0.9823	<0.01
整个幼虫期 Whole larval stage	9.59 ± 1.53	273.02 ± 28.78	$T = 9.59 + 273.02V$	0.9837	<0.01
蛹期 Pupa	10.23 ± 1.92	100.38 ± 13.83	$T = 10.23 + 100.38V$	0.9727	<0.01
未成熟期 Immature stage	9.33 ± 0.80	460.13 ± 25.01	$T = 9.33 + 460.13V$	0.9956	<0.01
全世代 Generation	10.90 ± 0.60	542.58 ± 21.93	$T = 10.90 + 21.93V$	0.9984	<0.01

EAT：有效积温 Effective accumulated temperature；T：实验温度 Experimental temperature；V：发育速率 Developmental rate.

2.3 温度对马铃薯甲虫种群存活率的影响

不同温度下马铃薯甲虫卵、幼虫及蛹的的存活率见表3。试验结果表明，温度对马铃薯甲虫的存活率有显著的影响，低温、高温均不利于马铃薯甲虫的存活。低温对卵的存活率影响较大，15℃时卵的存活率最低，只有52.75%；而高温对蛹的存活

率影响较大，如 31℃ 时蛹的存活率最低，仅有 34.62%；而各龄幼虫对温度的适应能力最强，在 15～31℃ 的温度范围内，其存活率均在 62% 以上。就马铃薯甲虫世代存活率而言，27℃时的存活率最高为 35.4%，其次为 23℃存活率达到 27.51%，其余温度下的存活率均在 20% 以下，由此可见马铃薯甲虫的最适发育温度范围为 23～27℃，高温、低温均不利于马铃薯甲虫的生长发育。

表 3　不同温度下马铃薯甲虫各虫态的存活率(%)

Table 3　Survival rate (%) of *Leptinotarsa decemlineata* at different temperatures

发育阶段 Developmental stage	15℃	19℃	23℃	27℃	31℃
卵期 Egg	52.75	65.18	80.12	93.63	81.18
幼虫期 Larva					
1 龄期 1st instar	74.92	80.57	87.95	96.69	85.44
2 龄期 2nd instar	61.89	75.00	89.23	89.04	89.77
3 龄期 3rd instar	87.94	93.53	72.92	81.54	78.47
4 龄期 4th instar	74.25	77.32	80.62	86.04	80.63
蛹期 Pupa	67.67	65.56	74.43	62.60	34.62
全世代 Generation	10.81	18.67	27.51	35.40	13.64

2.4　温度对马铃薯甲虫繁殖力的影响

由表 4 可知，马铃薯甲虫成虫的产卵前期随温度的升高而缩短，19℃时的产卵前期为 17.69 d，23℃时产卵前期减少为 12.18 d，27℃时产卵前期仅为 6.05 d。产卵期则随温度的升高而延长，如 19℃时的产卵期仅为 5.75 d，到 27℃时产卵期达到 19.88 d。单雌平均产卵量在 19℃ 时最低，仅有 164.75 粒；而 27℃ 时单雌平均产卵量最大达到 729.7 粒，是 19℃时产卵量的 4.4 倍。

表 4　不同温度下马铃薯甲虫的繁殖力

Table 4　The fecundity of *Leptinotarsa decemlineata* at different temperatures

温度(℃) Temperature	产卵前期(d) Preoviposition duration	产卵期(d) Oviposition duration	平均产卵量(粒/♀) Average number of eggs laid per female
19	17.69 ±0.08 a	5.75 ±0.18 c	164.75 ±7.99 d
23	12.18 ±0.06 b	17.60 ±0.24 b	639.25 ±34.25 b
27	6.05 ±1.42 c	19.88 ±0.14 a	729.70 ±42.34 a
31	6.50 ±0.49 c	16.25 ±0.21 b	509.06 ±4.88 c

3　讨论

温度是影响昆虫种群生长发育的一个重要因素。马铃薯甲虫各虫态的发育历期随温度的升高而缩短，其世代发育历期由 19℃ 的 66.54 d，缩短至 31℃的 27.27 d；在试验温度范围内，发育速率与温度呈显著的正相关。这一研究结果与洪波等(2009)的报道基本一致。但因试验误差及实验种群的不同，在相近温度下的发育历期因不同研究者之间的报道有所差异，如 de Wilde (1948)报道当温度为 33℃时，马铃薯甲虫从卵到成虫发育历期最短为 30 d；而 Ferro 等(1985)则指出在 28℃时，卵到成虫发育历期最短为 20.7 d。就同一地理种群而言，洪波等(2009)报道在 20℃时马铃薯甲虫的世代发育历期(59.2 d)比本研究 19℃时的发育历期(66.54 d)减少了 7.34 d；而 32℃时的发育历期(32.9 d)则比本研究 31℃时的发育历期(27.27 d)延长了 5.63 d。这可能与观察方法不同有关。

温度对马铃薯甲虫各虫态的存活率有明显的影

响。研究结果表明，低温对卵的存活率影响较大，15℃时卵的存活率最低，只有 52.75%；而高温对蛹的存活率影响较大，如 31℃时蛹的存活率最低，仅有 34.62%；而各龄幼虫对温度的适应能力最强，在 15～31℃的温度范围内，其存活率均在 62% 以上；27℃时各虫态的的存活率最高；23～27℃时各虫态的存活率较高，为马铃薯甲虫的最适发育温度。Ferro 等(1985)曾报道，15℃时各龄期存活率均较低，20～30℃时存活率较高，28℃存活率最高，33℃条件下，1 龄幼虫与蛹的存活率最低；Hare (1990)指出在恒温条件下马铃薯甲虫适宜生长发育的温度范围是 25～33℃，Fasulati (2009)指出马铃薯甲虫适宜生长发育的温度在 20～32℃。上述报道与本文的研究结果基本一致。

温度对马铃薯甲虫的繁殖力也有明显的影响，低温可延长成虫的产卵前期、缩短产卵期。在试验温度范围内，马铃薯甲虫的单雌平均产卵量在 164.75～729.7粒之间，这与 Harcourt (1971)报道的单雌产卵量(约为 300～800 粒)基本相同。本实验结果表明，27℃时雌成虫的产卵前期最短、产卵期最长、单雌平均产卵量最大。

有关马铃薯甲虫的发育起点温度和有效积温国内外学者已有报道。本研究测得马铃薯甲虫卵、幼虫、蛹和全世代的发育起点温度分别为 9.14，9.59，10.23 和 10.90℃；有效积温分别是 73.26，273.02，100.38 和 542.58 日·度。这一结果与 Walgenbach 和 Wyman (1984)(卵期、幼虫期、蛹期、全世代的发育期点温度分别为 11.7，11.0，12.0 和 11.0℃；卵、幼虫和蛹期的有效积温分别为 67，224 和 86 日·度)和 Fasulati (2009)(卵的发育期点温度 11.5℃，幼虫和蛹的发育起点温度是 9～11℃)的研究结果基本接近，但与洪波等(2009)的报道(卵、幼虫、蛹和全世代的发育起点温度分别是 11.9，4.6，5.1 和 8.1℃；有效积温分别是 32.26，526.32，270.27 和 832.35 日·度)差异较大，这可能与实验设计、寄主植物的营养状况、饲养和统计方法之间的差异有关。目前世界上利用有效积温预测马铃薯甲虫的发生时，一般认为发育起点温度在 8～12℃，并在计算时将全世代的发育起点温度共同定为 10℃，有效积温定为 400～600 日·度 (Logan and Casagrande，1980；Ferro *et al*.，1985；Groden and Casagrande，1986；Tauber *et al*.，1988)。

参 考 文 献 (References)

Casagrande RA, 1985. The "Iowa" potato beetle, its discovery and spreads to potatoes. *Bull. Entomol. Soc. Ann.*, 31(2): 27－29.

Casagrande RA, 1987. The potato beetle: 125 years of mismanagement. *Bull. Entomol. Soc. Ann.*, 33(2): 142－150.

Cheng YM, Cui LG, Chen YY, Shi DJ, Wang W, 2005. The analysis of possibility of Colorado potato beetle in Jilin Province. *Journal of Jilin Agricultural Sciences*, 30(3): 33－35. [程义美，崔良刚，陈月颖，史殿军，王威，2005. 马铃薯甲虫在吉林省发生的可能性分析. 吉林农业科学，30(3): 33－35]

de Wilde J, 1948. Developpement embryonnaire et postembryonnaire du doryphore (*Leptinotarsa decemlineata* Say) en fonction de la temperature. In: Proceedings 8th International Congress of Entomology, Stockholm, Sweden. 310－321.

Fasulati SR, 2009. Interactive agricultural ecological atlas of Russia and neighboring countries. Economic plants and their diseases, pests and weeds. http://www. agroatlas. ru/en/content/pests/Leptinotarsa20% decemlineata/.

Ferro DN, Logan JA, Voss RH, Elkington JS, 1985. Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) temperature-dependent growth and feeding rates. *Environ. Entomol.*, 14: 343－348.

Groden E, Casagrande RA, 1986. Population dynamics of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) on *Solanum berthaultii*. *J. Econ. Entomol.*, 79: 91－97.

Harcourt DG, 1971. Population dynamics of *Leptinotarsa decemlineata* (Say) in eastern Ontario. Ⅲ. Major population processes. *Canadian Entomology*, 103: 1049－1061.

Hare JD, 1980. Impact of defoliation by the Colorado potato beetles and potato yields. *J. Econ. Entomol.*, 73: 369－373.

Hare JD, 1990. Ecology and management of the Colorado potato beetle. *Annu. Rev. Entomol.*, 35: 81－100.

Hong B, Cheng DF, Tuerxun, Guo WC, Chen L, Zhang YH, 2009. The relationships between temperature and development of the Colorado potato beetle in Xinjiang. *Plant Protection*, 35(6): 60－63. [洪波，程登发，吐尔逊，郭文超，陈林，张云慧，2009. 新疆地区马铃薯甲虫发育与温度关系的研究. 植物保护，35(6): 60－63]

Li H, Qin XH, Sai LM, 2007. Occurrence characteristics and control techniques of Colorado potato beetle in Bozhou. *China Vegetables*, (7): 55－56. [李红，秦晓辉，赛丽蔓，2007. 博州地区马铃薯甲虫发生特点与综合防治技术. 中国蔬菜，(7): 55－56]

Logan PA, Casagrande RA, 1980. Predicting Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) density and potato yield loss. *Environ. Entomol.*, 9: 659－663.

Logan PA, Casagrande RA, Faubert HH, Drummond FA, 1985. Temperature-dependent development and feeding of immature Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environ. Entomol.*, 14: 275－283.

Mailloux G, Bostanian NJ, 1989. Effect of manual defoliation on potato yield at maximum abundance of different stages of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), in the field. *J. Agric. Entomol.*, 6: 217－266.

Qian TR, Chen H, Zhou YS, 1995. Analysis of potential distribution of Colorado potato beetle in China and surrounding areas. *Plant*

Quarantine, 9(2): 95 - 97. [钱天荣, 陈宏, 周永淑, 1995. 马铃薯甲虫在我国及周边地区适生地的初步预测. 植物检疫, 9(2): 95 - 97]

Tang QY, Feng MG, 2002. DPS Data Processing System for Practical Statistics. Science Press, Beijing. 417 - 452. [唐启义, 冯明光, 2002. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统. 北京: 科学出版社. 417 - 452]

Tauber CA, Tauber MJ, Gollands B, Wright RJ, Obrycki JJ, 1988. Preimaginal development and reproductive responses to temperature in two populations of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 81: 755 - 763.

Walgenbach JF, Wyman JA, 1984. Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) development in relation to temperature in Wisconsin. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 77(5): 604 - 609.

Wang J, Wang DY, Hou H, 2008. The occurrence and control of Colorado potato beetle in Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Science and Technology*, (3): 60. [王俊, 王登元, 侯洪, 2008. 新疆马铃薯甲虫的发生与防治现状. 新疆农业科技, (3): 60]

Wang ZT, Jiang WH, Li GQ, 2010. Insecticide resistance in adult of the Colorado potato beetle among North Xinjiang Uygur autonomous region. *Agrochemicals*, 49(3): 206 - 208. [王志田, 姜卫华, 李国清, 2010. 新疆北疆马铃薯甲虫成虫抗药性水平监测. 农药, 49(3): 206 - 208]

Zhang XX, 2002. Insect Ecology and Forecast. 3rd ed. China Agriculture Press, Beijing. 77 - 220. [张孝羲, 2002. 昆虫生态及预测预报. 第 3 版. 北京: 中国农业出版社. 77 - 220]

Zhao HS, Qin XH, Ma DC, Yang D, Xia ZH, Fu WJ, Chen R, Zhu XF, 2007. Control effect of seven pesticides on Colorado potato beetle. *Plant Quarantine*, 21(4): 217 - 219. [赵红山, 秦晓辉, 马德成, 杨栋, 夏正汉, 付文君, 陈蓉, 朱晓峰, 2007. 7 种药剂对马铃薯甲虫的防治效果评价. 植物检疫, 21(4): 217 - 219]

(责任编辑: 袁德成)